



TITLE:

宇宙プラズマの運動論効果を考慮した波動観測アンテナ特性の研究

AUTHOR(S):

臼井, 英之

CITATION:

臼井, 英之. 宇宙プラズマの運動論効果を考慮した波動観測アンテナ特性の研究. 2003

ISSUE DATE:

2003-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/85048>

RIGHT:

学術雑誌掲載論文の抜き刷り、出版社に著作権許諾が得られていないため未掲載。

宇宙プラズマの運動論効果を考慮した波動観測アンテナ特性の研究

(12440131)

平成 12 年度～平成 14 年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書

京 都 大 学 図 書



9810056516

附 属 図 書 館

平成 15 年 3 月

研究代表者 臼井 英之

(京都大学宙空電波科学研究センター 助教授)

宇宙プラズマの運動論効果を考慮した波動観測アンテナ特性の研究

(12440131)

平成 12 年度～平成 14 年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))研究成果報告書

平成 15 年 3 月

研究代表者 臼井 英之
(京都大学宙空電波科学研究センター 助教授)

概要

科学衛星GEOTAILをはじめとする国際共同観測により、太陽-地球惑星圏における電磁環境の理解は飛躍的に進んだ。特に、これまでの波動スペクトル中心によるプラズマ波動観測に加え、波動の波形そのものを時系列として観測する手法が実用化され、プラズマ波動特性の定量的理解に大きく貢献した。プラズマ波形計測において計測値を実際の強度に正確に変換するには、その計測器であるアンテナのインピーダンスや実効長、ピックアップファクターなどの特性の正確な理解が必要である。しかし、宇宙プラズマという異方性、分散性媒体におけるアンテナ特性は、これまでの衛星実験や理論解析をもとに半経験的に得られてはいるものの、完全に定量把握されているわけではない。特に、アンテナ近傍の運動論的なプラズマ環境がアンテナ特性にどのように影響するかについてはまだまだ理解が不十分であり、この点で、波形観測などにおいてプラズマ波動観測値の更正がどれくらい正確であるかという評価は定量的にはなされていない。また、今後の衛星ミッションにおいても重量やシステム設計上、アンテナの小型化が強く望まれているが、アンテナ長とプラズマデバイ長との関係がアンテナ特性にどのように影響を与えるのかについてもその詳細はこれまでなされたことがない。

このような状況のもと、本研究では、磁気圏プラズマ中における波動観測用アンテナ特性をシース効果、光電子、デバイ遮蔽などのプラズマ運動論効果を考慮した3次元電磁粒子計算機シミュレーションにより定量的に評価することを試みるとともに、その手法を確立することを目的とした。そして、得られた知見を観測波動の正確な電界強度と位相の算出に役立て、将来のプラズマ波動観測用アンテナ設計における基礎的データとする。

平成12年度は、3次元電磁粒子シミュレーションコードKEMP0に改良を加え、宇宙プラズマ空間に置かれた非プラズマ物体と周辺プラズマとの相互作用についてもプラズマの運動論的な振る舞いを無視せず解くことができるよう工夫した。これを用いて、アンテナ近傍に形成されるプラズマシースダイナミクスとそのアンテナインピーダンスへの影響を調べ、コールドプラズマ近似理論とは異なり、シース幅が大きくなるに従いその影響が少なくなることを明らかにした。

平成13年度は、アンテナからの光電子放出がアンテナ環境・特性にどのような影響を与えるのかを調べるために3次元計算機実験を行った。まず、光電子放出により高密度の電子シースが形成され、それによる高周波領域でのアンテナ電位の変動が見られた。また、背景プラズマのプラズマ振動周波数におけるインピーダンス変化に加え、光電子群による高周波プラズマ振動の影響が加わることが明らかとなった。

平成14年度は、ホットプラズマ中でのアンテナ特性理論との比較を行い、高い熱速度では共振が鈍化することが確認された。また、アンテナの表面電流は正弦波状とな

り、アンテナインピーダンスを求める上での理論の仮定とよい一致を示すことも確認された。ただし、受信アンテナ特性を考える時、表面電流は、アンテナに接続される負荷抵抗に左右され、表面電流から求められる実効長は変化する。

本研究において、プラズマ運動論的效果を含めたアンテナ特性の解析手法を確立することができ、今後は、本研究で得られた知見を元に、より実際に近いモデルとして、受信アンテナシミュレーション手法を確立し、インピーダンス、実効長、ピックアップファクターの調査、またそれらが光電子、プラズマシースによってどのように影響を受けるかに関して引き続き研究を行っていく。

なお、本報告書には、本科研費の交付された2000～2002年の3年にわたる、宇宙プラズマにおけるアンテナ特性に関連する修士論文、公表論文、学会プロシーディングを収録してある。

平成15年3月

研究代表者 京都大学宙空電波科学研究センター 臼井英之

研究組織及び経費

研究組織

| | | |
|--------|-------|----------------------|
| 研究代表者: | 臼井 英之 | 京都大学宙空電波科学研究センター・助教授 |
| 研究分担者: | 松本 紘 | 京都大学宙空電波科学研究センター・教授 |
| | 大村 善治 | 京都大学宙空電波科学研究センター・教授 |
| | 小嶋 浩嗣 | 京都大学宙空電波科学研究センター・助教授 |

研究経費

| | |
|----------|-----------|
| 平成 12 年度 | 5,000 千円 |
| 平成 13 年度 | 3,400 千円 |
| 平成 14 年度 | 3,500 千円 |
| 計 | 11,900 千円 |

研究発表

(1) 学会誌等

1. Usui, H., H. Matsumoto, and R. Gendrin, Numerical simulations of a three-wave coupling occurring in the ionospheric plasma, Proceedings of ISAP2000, Vol. 2, 811, august 21-25, 2000.
2. Usui, H., H. Matsumoto, and F. Yamashita, Antenna analysis in magnetized plasma via particle-In-Cell simulations, Proceedings of ISAP2000, Vol. 3, 1327, august 21-25, 2000.
3. Usui, H., H. Matsumoto, R. Gendrin, and T. Nishikawa, Computer experiments on a three-wave in association with microwave power transmission in space plasma, Vol E84-B, No.9, 2566-2573, IEICE Transactions, (Innovation in Antennas and Propagation for Expanding Radio Systems), 2001.
4. Usui, H., H. Matsumoto, and R. Gendrin, Numerical simulations of a three-wave coupling occurring in the ionospheric plasma, Nonlinear Processes in Geophysics, Vol.9 No. 1, 1-10, 2002.
5. Usui, H.; Matsumoto, H.; Miyata, K.; Omura, Y., Computer experiments on electromagnetic environment of plasma sheath at conducting surface, submitted to Advanced Space Research, 2002.
6. Usui, H.; Matsumoto, H.; Yamashita, F.; Yamamoto, A.; Omura, Y., Antenna analysis in magnetized plasma via particle-in-cell simulation, submitted to Advanced Space Research, 2002.

(2) 口頭発表 (英文)

1. A. Yamamoto, H. Usui, Y. Omura, and H. Matsumoto, Computer experiments on antenna characteristics in space plasmas, Proceeding of The Sixth International School/Symposium for Space Plasma Simulations (ISSS-6), Max-Planck-Institut fuer extraterrestrische Physik Garching, Germany, 03-08 September 2001.
2. Usui, H., H. Matsumoto, and R. Gendrin, Numerical simulations of a three-wave coupling occurring in the ionospheric plasma, EGS2000, Nice, France 25-29 April 2000.

3. Usui, H., H. Matsumoto, Y. Omura, Y. Kojima, and H. Furuya, Modulated Langmuir waves in the GEOTAIL observations and computer experiments, EGS2000, Nice, France 25-29 April 2000.
4. Usui, H., H. Matsumoto, and R. Gendrin, Numerical simulations of a three-wave coupling occurring in the ionospheric plasma, ISAP2000, august 21-25, 2000, Fukuoka, Japan.
5. Usui, H., H. Matsumoto, and F. Yamashita, Antenna analysis in magnetized plasma via particle-In-Cell simulations, ISAP2000, august 21-25, 2000, Fukuoka, Japan.
6. USUI, H., H. Matsumoto, Y. Omura, NUMERICAL SIMULATIONS OF ELECTROMAGNETIC INTERACTION BETWEEN ANTENNA AND SPACE PLASMA, First S-RAMP conference, Oct 2-6, 2000, Sapporo, Japan.
7. Usui, H., H. Matsumoto, and Y. Omura, Computer Experiments on Electromagnetic Interaction Between Antenna and Space Plasma (invited) AP-RASC, Chuo-Univ., Tokyo, July, 2001.
8. Usui, H.; Matsumoto, H.; Miyata, K.; Omura, Y., Computer experiments on electromagnetic environment of plasma sheath at conducting surface, 34th COSPAR Scientific Assembly, Houston, USA, October, 2002.
9. Usui, H.; Matsumoto, H.; Yamashita, F.; Yamamoto, A.; Omura, Y., Antenna analysis in magnetized plasma via particle-in-cell simulation, 4th COSPAR Scientific Assembly, Houston, USA, October, 2002.

(3) 口頭発表(和文)

1. 臼井 英之、松本 紘、大村 善治、宇宙飛翔体近傍プラズマ電磁環境に関する粒子シミュレーション、第3回「シミュレーション・サイエンス・シンポジウム」、核融合科学研究所、1/27,2000.
2. 臼井 英之、松本 紘、Roger Gendrin, 西川 武男、JEM曝露部マイクロ波アクティブ実験における静電波励起に関する数値実験、第19回宇宙エネルギーシンポジウム、宇宙科学研究所、2月18日、2000年.
3. 宮田 克也、臼井 英之、松本 紘、局所微細グリッドを導入した電磁粒子コードの開発、電子情報通信学会総合大会、広島大学、2000.
4. 臼井 英之、宮田 克也、松本 紘、宇宙プラズマ中の物体近傍シース領域における電磁環境、地球惑星科学関連学会2000年合同大会、国立オリンピック記念青少年総合センター、2000.

5. 臼井 英之, 古屋 裕規, 小嶋 浩嗣, 大村 善治, 松本 紘, 振幅変調を受けたラングミュア波に関する計算機実験、第24回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム、国立極地研究所、8月2000年.
6. 山本 敦士, 臼井 英之, 松本 紘, 小嶋 浩嗣, 大村 善治, 宇宙プラズマ中でのアンテナ特性に関する計算機実験、平成13年度地球電磁気・地球惑星圏学会、九州大学、平成13年11月20日-23日.
7. 中村宣之、臼井英之、小嶋 浩嗣, 松本 紘, 宇宙プラズマ中でのアンテナ特性に関する計算機実験、地球惑星科学関連学会2003年合同大会、幕張メッセ、平成15年5月.